بسم الله الرحمن الرحيم

النشـــــاط من إعداد

الأستاذ : مناد نور الدين

المجـال 3 : التحولات الطاقويـــة

الوحدة 2 : آلية تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية إلى ATP

النشاط 5 : الفسفرة التأكسدية

وضعية الانطلاق : يتطلب استمرار مرحلتي التحلل السكري وحلقة كريبس تجديد المرافقات الإنزيمية $NADH\text{-}H^+$ و $FADH_2$ و ذلك بأكسدتها وتشكل جزيئات الماء بالإضافة إلى تركيب جزيئات ATP .

المشكلة المطروحة : - ما هو مقر هذه التفاعلات ؟ و ما هي مراحلها ؟

1 / دور الغشاء الداخلي للميتوكوندري:

السند 1 : الوثيقتان 2 + 3 ص 215

التجربة 1 : لتحديد سلوك الغشاء الداخلي للميتوكوندري تجاه البروتوناتH^+ تم قياس pH الوسط الخارجي لمعلق من الميتوكوندري المعزولة يحتوي على معطي الإلكترونات ($TH.H^+$). يكون الوسط خاليا من الأوكسجين في بداية التجربة .

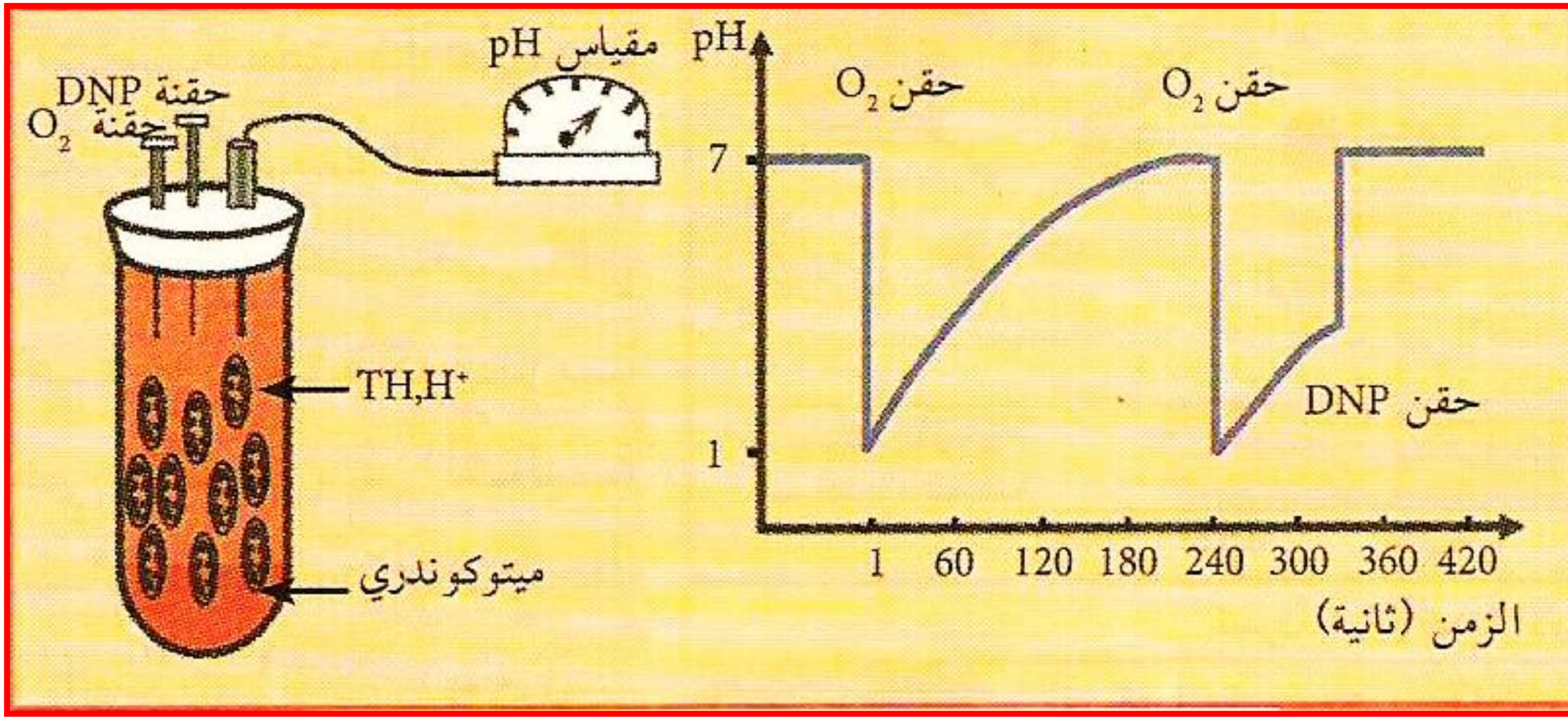
ثم يتم حقن جرعات من الأوكسجين أو مادة ثنائي نترو فينول DNP عند أزمنة محددة ، نتائج التجربة موضحة في الوثيقة 2 .

التجربة 2 : يتم وضع حويصلات غشائية محتوية على كريات مذنبة في أوساط مختلفة من درجة الـpH و بوجود ADP و Pi ، يتم الكشف على عن فسفرة الـ ADP إلى ATP في كل حالة .

نتائج التجربة موضحة في جدول الوثيقة 3 .

1 / دور الغشاء الداخلي للميتوكوندري:

السند 1 : الوثيقتان 2 + 3 ص 215



الوثيقة 2

1 / دور الغشاء الداخلي للميتوكوندري:

السند 1 : الوثيقتان 2 + 3 ص 215

التجارب	pH الداخلي	pH الخارجي	وجود الكريات المذنبة	الملاحظات
1	7	7	نعم	عدم فسفرة الـ ADP
2	4	7	نعم	فسفرة الـ ADP
3	4	7	لا	عدم فسفرة الـ ADP

الوثيقة 3

1 / دور الغشاء الداخلي للميتوكوندري:

التعليمات :

س1 - فسر منحنى الوثيقة 2 ، ثم حدد تأثير كل من O_2 ومادة DNP .

س2 - استنتج من النتائج التجريبية الموضحة في الوثيقة 3 شروط تركيب الـ ATP .

الاجابة :

ج1 – تفسير منحنى الوثيقة 2 :

- قبل حقن O_2 كان ال PH مرتفع و يساوي 7 ، أما عند حقن O_2 أدى إلى انخفاض سريع للـ PH خارج الميتوكوندري (زيادة تركيز بروتونات الهيدروجين) ، و ذلك راجع للخروج السريع لبروتونات H^+ من داخل الميتوكندري الى الوسط الخارجي بظاهرة النقل الفعال عكس تدرج التركيز ، عن طريق نواقل غشائيـة .

- بعد 1 ثانية من إضافة O_2 يلاحظ ارتفاع بطيئ لقيمة ال PH حتى يصل الى 7 (انخفاض تركيز بروتونات الهيدروجين في الوسط الخارجي) ، و ذلك راجع للدخول البطيئ لبروتوناتH^+ من الوسط الخارجي إلى الحشوة بظاهرة الميز حسب تدرج التركيز عبر الكرية المذنبة .

الإجابة(تابع) :

ج1 – تفسير منحنى الوثيقة 2 (تابع):

- وعند إعادة حقن O_2 من جديد في الزمن 240 ثانية يلاحظ انخفـاض سريع لـ PH خارج الميتوكوندري ثم يعود للارتفاع بسرعة بطيئة (بنفس التفسير السابق) .

- عند حقن DNP في الزمن 360 ثانية يلاحظ ارتفاع سريع لـ pH خـارج الميتوكوندري مما يشير للدخول السريع لبروتونات H^+ من الوسط الخارجي إلى الحشوة ، و هذا لأن مادة DNP هي التي ترفع من سرعة نفاذية بروتونات H^+ نحو الحشوة .

- ومنه : فاءن الغشاء الداخلي للميتوكوندري له دوركبير و هام في نفاذية بروتونات H^+ عبر نواقل متخصصة .

الإجابة(تابع) :

ج1 (تابع) – تأثير كل من O_2 و مادة DNP :

- يعتبر O_2 المستقبل النهائي للبروتونات والإلكترونات لذا له دور مهم في التأثير على ناقلية الالكترونات و منه التأثير على نفاذية البروتونات H^+ من خلال الغشاء الداخلي للميتوكوندري .

- مركب DNP يجعل الغشاء الداخلي للميتوكوندري أكثر نفاذية لبروتونات H^+ .

ج2 – استنتاج شروط تركيب الـ ATP :

نستنتج من نتائج التجربة أن شروط تركيب ATP تتمثل في :

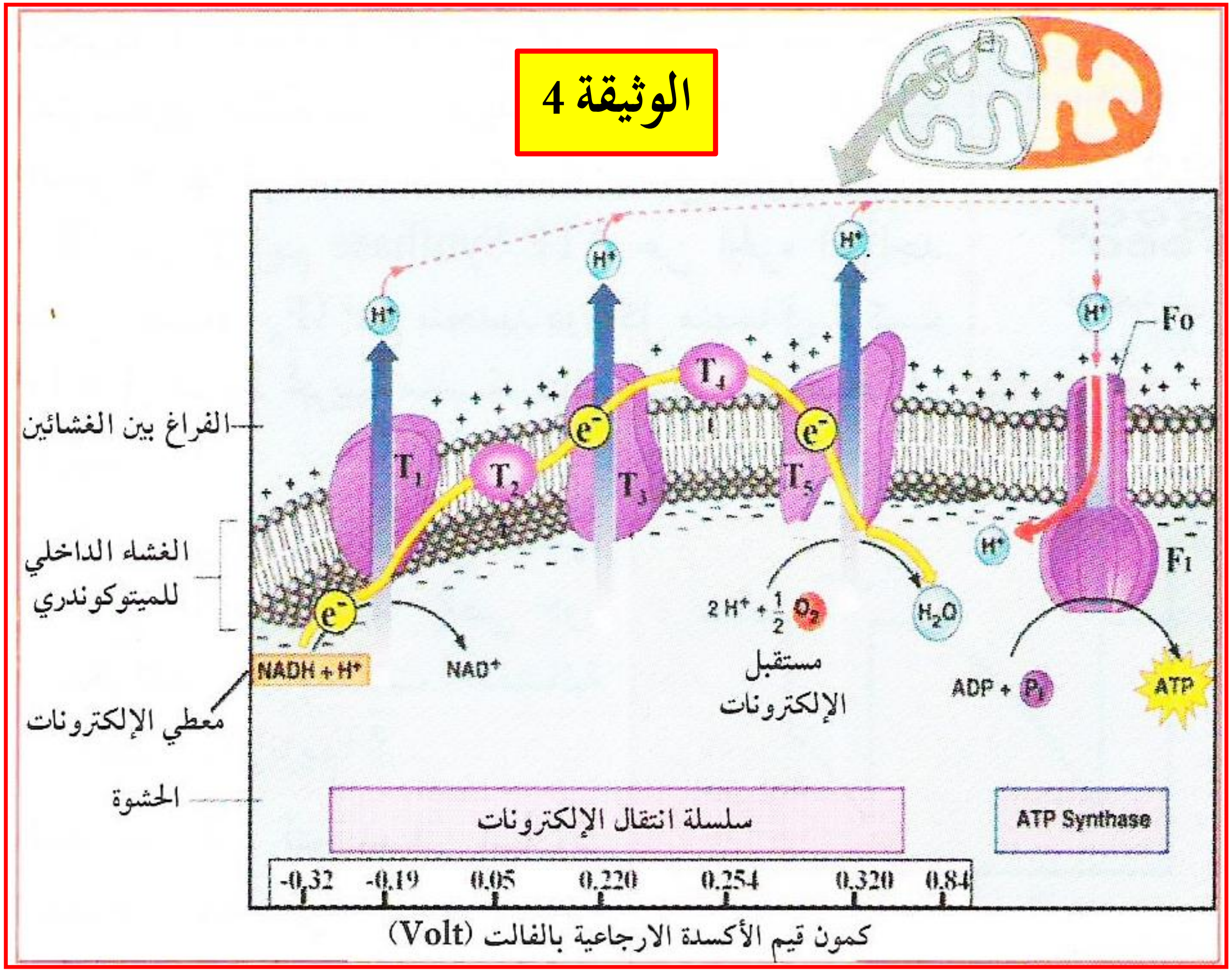
1 - توفر فارق التركيز لبروتونات الهيدروجين (تدرج التركيز) .

2 - وجود الكرية المذنبة (إنزيم ATP Synthase) .

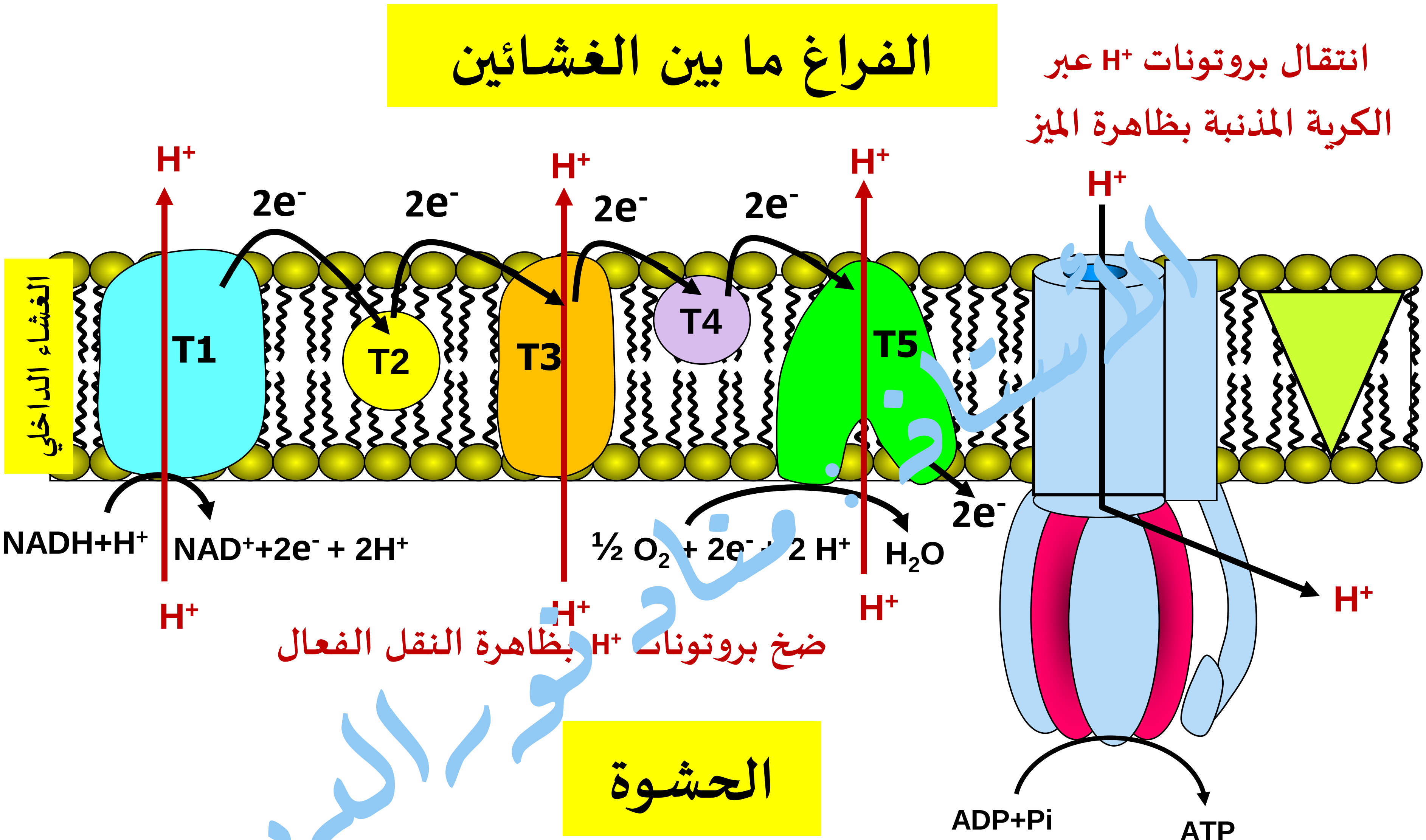
3 - توفر ADP و Pi .

2 / آلية حدوث الفسفرة التأكسدية :

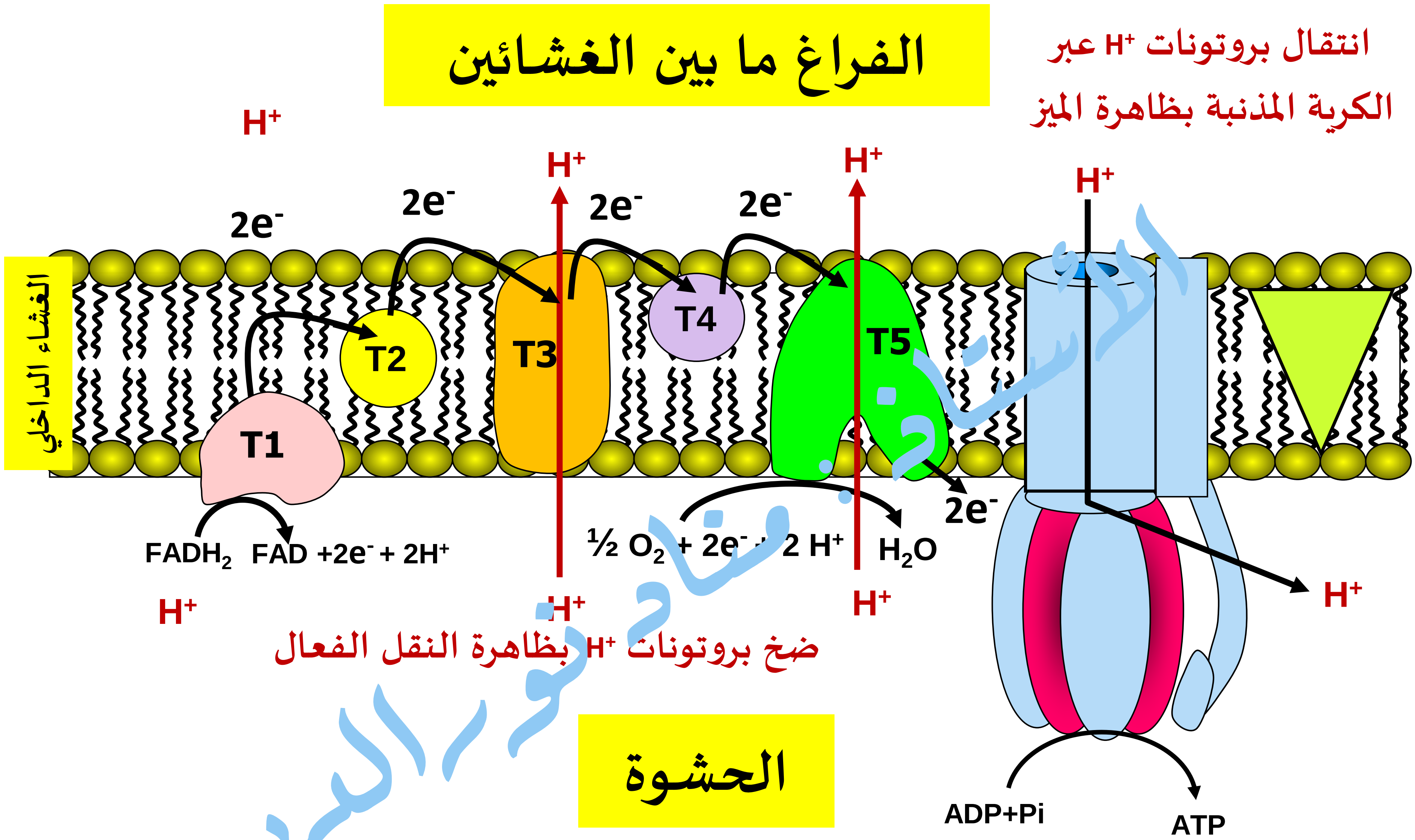
السند 2 : الوثيقة 4 ص 216



مكنت الدراسات المختلفة من تحديد آلية حدوث الفسفرة التأكسدية على الغشاء الداخلي للميتوكوندري، الوثيقة 4 التالية تلخص مراحل هذه الآلية :



رسم تخطيطي يوضح آلية حدوث الفسفرة التأكسدية



رسم تخطيطي يوضح آلية حدوث الفسفرة التأكسدية

2 / آلية حدوث الفسفرة التأكسدية :

التعليمات :

س1 - فسر آلية حدوث الفسفرة التأكسدية .

س2 - باستغلال معطيات الوثيقة 4 حدد الآلية الفيزيائية لانتقال الإلكترونات في السلسلة التنفسية معتمدا على قيم الأكسدة الإرجاعية .

س3 - استخلص المعادلة الاجمالية للفسفرة التأكسدية ، مع العلم أن :

- أكسدة جزيئة واحدة من $NADH\text{-}H^+$ تؤدي الى انتاج 3ATP .
- أكسدة جزيئة واحدة من $FADH_2$ تؤدي الى انتاج 2ATP .

الاجابة : **ج1 – تفسير آلية حدوث الفسفرة التأكسدية :**

- على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري . تتم أكسدة النواقل المرجعة $NADH\text{-}H^{+}$ و $FADH_2$ وفق المعادلات التالية :

$$NADH\text{-}H^{+} \xrightarrow{\text{أكسدة}} NAD^{+} + 2e^{-} + 2H^{+}$$

$$FADH_2 \xrightarrow{\text{أكسدة}} FAD + 2e^{-} + 2H^{+}$$

- يؤدي ذلك الى فقدها للإلكترونات و البروتونات ، حيث تنتقل الالكترونات عبر مختلف النواقل T1 ، T2 ، T3 ، T4 ، T5 المرتبة حسب كمون الأكسدة و الإرجاع المتزايد ، إنها السلسلة التنفسية ، حيث تصل هذه الالكترونات الى الحشوة .

- تسمح الطاقة المتحررة من انتقال الالكترونات عند حدوث تفاعلات الأكسدة و الإرجاع التي تتم على طول السلسلة التنفسية بضخ بروتونات H^{+} من الحشوة نحو الفراغ بين الغشائين بظاهرة النقل الفعال عكس تدرج التركيز ، مولدا بذلك تدرجا لبروتونات H^{+} في هذا المستوى .

الإجابة (تابع) :

ج1 – تفسير آلية حدوث الفسفرة التأكسدية (تابع) :

- يعود هذا التدرج الإلكتروكيميائي (البروتونات المتراكمة في الفراغ ما بين الغشائين) بسيل (تيار) من بروتونات H^+ نحو الحشوة بظاهرة الميز حسب تدرج التركيز عبر الـ ATP سنتاز .

- تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات بفسفرة ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي (Pi) على مستوى الكرية المذنبة وفق المعادلة التالية :

$$ADP + Pi \xrightarrow[\text{حركة } H^+]{\text{ATP Synthase}} ATP$$

الإجابة (تابع) :

ج1 – تفسير آلية حدوث الفسفرة التأكسدية (تابع) :

- يتم إرجاع ثاني الأوكسجين O_2 عن طريق الإلكترونات التي تصله من أخر ناقل من للسلسلة التنفسية T5 بالإضافة الى بروتونات H^+ ، و بالتالي يعتبر المستقبل النهائي للإلكترونات و البروتونات الموجودة في المادة الأساسية (الحشوة) مما يؤدي الى لتشكيل الماء وفق المعادلة التالية :

$$\frac{1}{2} O_2 + 2e^- + 2H^+ \xrightarrow{\text{إرجاع}} H_2O$$

ج2 – الآلية الفيزيائية لانتقال الإلكترونات في السلسلة التنفسية :

تنتقل الإلكترونات من الناقل ذو كمون الأكسدة الإرجاعية المنخفض إلى الناقل ذو كمون الأكسدة الإرجاعية المرتفع (أي وفق تدرج كمون الأكسدة الإرجاعية).

الإجابة (تابع) :

ج3 - استخلاص المعادلة الاجمالية للفسفرة التأكسدية :

$$10NADH\text{-}H^+ \xrightarrow{\text{أكسدة}} 10NAD^+ + 20e^- + 20H^+$$

$$2FADH_2 \xrightarrow{\text{أكسدة}} 2FAD + 4e^- + 4H^+$$

$$6\,O_2 + 24e^- + 24H^+ \xrightarrow{\text{إرجاع}} 12H_2O$$

$$34ADP + 34Pi \xrightarrow{\text{فسفرة}} 34ATP$$

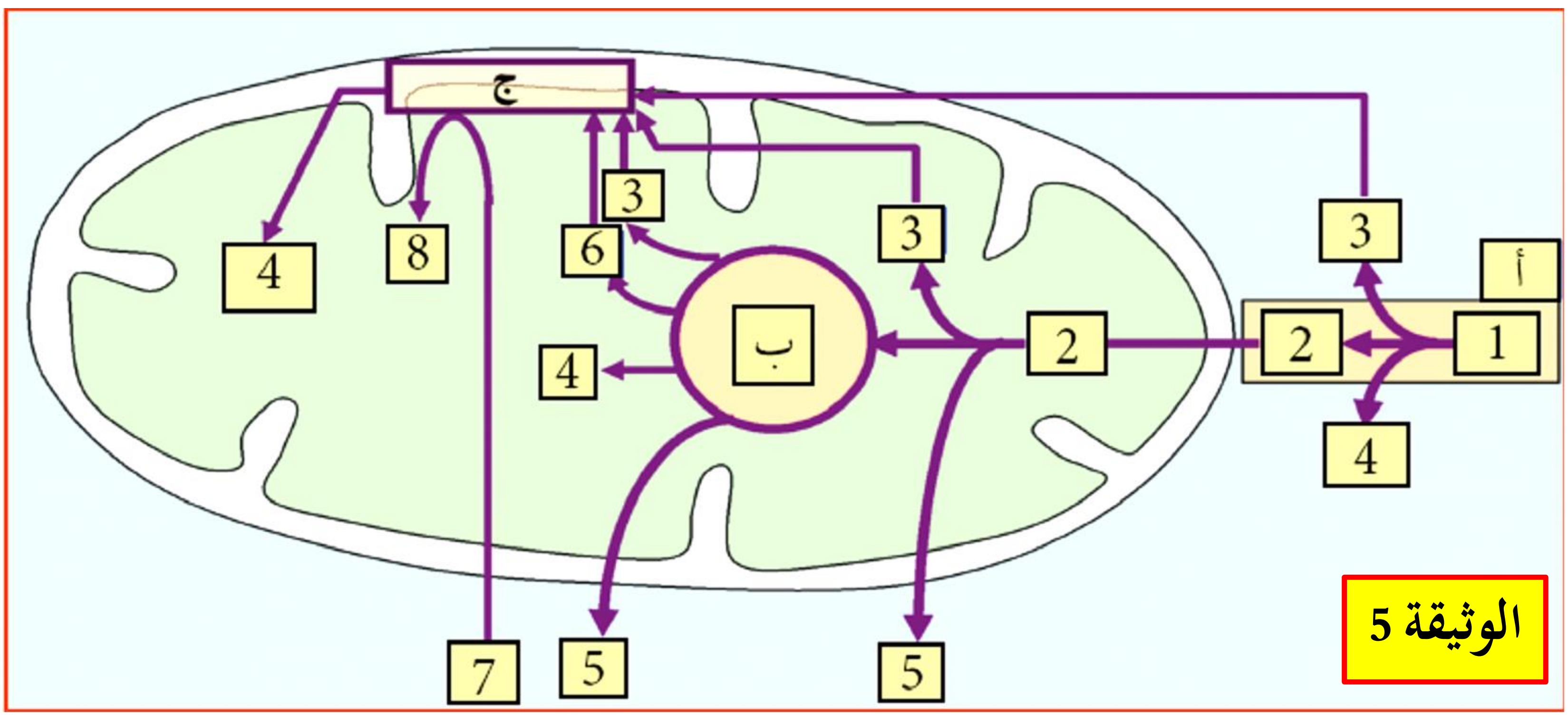
$$= 10NADH\text{-}H^+ + 2FADH_2 + 6O_2 + 34ADP + 34Pi \longrightarrow$$

$$\longrightarrow 10NAD^+ + 2FAD + 12H_2O + 34ATP$$

3 / حوصلة لعملية التنفس :

السند 3 : الوثيقة 5 ص 217

تمثل الوثيقة 5 التالية رسما تخطيطيا يوضح مختلف تفاعلات تحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة قابلة للاستعمال في وسط هوائي .



3 / حوصلة لعملية التنفس :

التعليمة :

س - أكتب البيانات المرقمة و ذات الأحرف للوثيقة 5 ، ثم ضع عنوانا مناسبا لها .

الاجابة :

ج – البيانات :

أ - التحلل السكري ، ب – حلقة كريبس ، ج – الفسفرة التأكسدية

1 – الجليكوز ، 2 – حمض البيروفيك ، 3 - $NADH\text{-}H^+$

4 – ATP ، 5 - CO_2 ، 6 - $FADH_2$ ، 7 - O_2 ، 8 - H_2O

عنوان الوثيقة : رسم تخطيطي يوضح مراحل هدم الغلوكوز في وسط هوائي .